

нологий.

1. Гончаренко Д.Ф., Старкова О.В., Забелин С.А., Атаманчук В.М. Ремонт канализационных трубопроводов, проложенных на глубине более 6 м // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2011. – Вип.63. – С.65-70.

2. Гончаренко Д.Ф., Атаманчук В.М., Вевелер Х., Забелин С.А. Применение полиэтиленовых труб для санации водопроводных и канализационных сетей // Промислове будівництво та інженерні споруди. – К., 2012. – № 1. – С.25-28.

3. Гончаренко Д.Ф., Старкова О.В., Забелин С.А., Атаманчук В.М. Перспективы применения стеклопластиковых труб при ремонте инженерных коммуникаций // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2012. – Вип.68. – С. 63-71.

4. Stein D. Instandhaltung von Kanalisation. – Berlin: Ernst, 1999. – 941 s.

Получено 05.06.2012

КОМУНАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО

УДК 504.556

В.В.ЯКОВЛІСВ, канд. техн. наук

Харківська національна академія міського господарства

ЩОДО ВЕЛИЧИННИ ЗАПАСІВ РЕЛІКТОВИХ ПРІСНИХ ВОД УКРАЇНСЬКОЇ ЧАСТИНИ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОГО АРТЕЗІАНСЬКОГО БАСЕЙНУ

На основі геологічних даних експертно оцінено, що в підкрейдяних горизонтах української частини Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну вміщується 377 км³ реліктових прісних вод.

На основе геологических данных экспертно оценено, что в подмеловых горизонтах украинской части Днепровско-Донецкого артезианского бассейна содержится 377 км³ реликтовых пресных вод.

On the base of geological survey data it was expertly evaluated that horizons lying below the Upper Cretaceous shalk stratum of Ukrainian part of the Dneper-Donets artesian basin contained 377 km³ of relict freshwater.

Ключові слова: реліктові прісні води, індустріальна епоха, забруднення води, Дніпровсько-Донецький артезіанський басейн.

У зв'язку із зростанням екологічних проблем і забрудненням підземних вод в практиці гідрогеологічних вишукувань вже достатньо давно введено поняття «захищеності підземних вод». Останнім часом у спеціальній літературі у зв'язку з повсюдним процесом деградації якості підземних вод введено поняття «вразливості підземних вод» і розроблено

методичні підходи до будування карт ризиків забруднення підземних вод [1, 2]. В.М. Шестопаловим введено поняття природно-антропогенних і антропогенних підземних вод [3].

В якості наступного кроку розвитку знань у області екології підземної гідросфери пропонується поняття «реліктові прісні води» (РПВ). РПВ – це такі природні води, що не мають у своєму складі техногенних компонентів. Тобто йдеться про води, сформовані в доіндустріальну епоху, коли до оточуючого середовища не надходили речовини, не пригаманні природному їх кругообігу, – синтетичні токсичні речовини і речовини, вилучені з глибин землі і звільнені від зв'язаного стану (важкі метали, інші мікроелементи і природні сполуки). Такі води на сьогодні можуть знаходитися в підземній гідросфері або в досить старих льодовиках, де вони впродовж індустріальної епохи зберегли прісний склад (тобто мінералізацію, що не перевищує 1 г/дм³) і не були змішані з речовинами техногенного походження.

Часовою межею, за якою слідує систематичне надходження і накопичення специфічних речовин індустріальної епохи у підземні води, для кожного регіону можуть бути різні історичні рубежі, пов'язані з тією чи іншою стадією господарчого розвитку. З іншого боку, враховуючи те, що підземні води займають певне місце у глобальному круговороті і мають основним джерелом свого живлення атмосферні води, логічно говорити про загальнопланетарну часову межу, що розділяє реліктові води Землі і води індустріальної епохи. Відповідно до цього можна говорити про планетарний і регіональний рубежі індустріальної епохи.

Інгредієнтами, що проникають у підземну гідросферу, є практично всі речовини, що супроводжують промислове виробництво. В наш час виділяються наступні їх групи: синтетичні органічні речовини – найбільш різноманітна група, в якій по об'єму і географії надходження у оточуюче середовище найбільш значимими є ядохімікати, нафтопродукти, феноли, бенз(а)пирен, СПАР; різноманітні продукти життєдіяльності, що вміщують нітрати, нітроти, фосфати; а також неорганічні інгредієнти: важкі метали, синтетичні речовини, радіонукліди.

Гідрогеологічна практика, по-перше, підтверджує це різноманіття речовин-забруднювачів, що фіксуються у часі і просторі підземної гідросфери, а по-друге – показує, що забруднені підземні води, як правило, приурочені до верхніх гідрогеологічних поверхів. Це дає підґрунтя виділяти води індустріальної епохи – поверхневі, ґрунтові і неглибоко залягаючі поміжпластові, і у протилежність цьому – реліктові води доіндустріальної епохи – поміжпластові води, що залягають на більших глибинах.

Для України часова межа зміни вказаних епох, навіть не дивлячись на відсутність всеохватних даних, може бути достатньо конкретно визначена початком масового застосування отрутохімікатів і мінеральних добрив у сільському господарстві, тобто 50-ми роками ХХ ст. Приблизно до цього ж рубежу відноситься і початок широкого розвитку на Україні автотранспорту, видобутку, транспортування і переробки нафтопродуктів і відповідного тотального забруднення оточуючого середовища і підземних вод вуглеводнями. До цього часового рубежу практично вся маса забруднюючих речовин, що надходили в атмосферу, ґрунти і гідросферу, відносилися до органічних природних речовин, які швидко асимілюються у природному оточенні. Надходження до оточуючого середовища техногенних речовин типу важких металів, хімічних препаратів, що застосовувалися в хімічній промисловості, машинобудуванні, медицині тощо, звичайно мало місце, але це не мало такого масштабу і (можна припустити) суттєво не впливало на поміжпластові водоносні горизонти на глибинах більше перших десятків метрів. Можна говорити, що забруднення підземних вод у доіндустріальну епоху обмежувалося ґрунтовими водами від поверхні перших водоносних горизонтів і було осередковим, тобто не носило тотального характеру. Таким чином тривалість індустріальної епохи на Україні, впродовж якої до підземної гідросфери надходила велика кількість техногенних речовин, на сьогодні може бути прийнятою рівною приблизно 65 років.

Оскільки основний шлях проникнення забруднюючих речовин у підземні води – це надходження їх у водних розчинах шляхом фільтрації з поверхні землі, то в загальному випадку час проникнення забруднюючих речовин конвективним шляхом t можна визначити за залежністю, що витікає з формули Дюпюї:

$$t = n \cdot m / K \cdot \Delta H, \quad (1)$$

де n , m , K – параметри ємності, потужності і коефіцієнту фільтрації слабопроникних порід, що залягають у покрівлі водоносного горизонту; ΔH – різниця рівнів водоносного горизонту, що містить забруднені води і горизонту, що розглядається, м.

Залежність (1) показує, що час надходження перших порцій забруднених вод в найбільшій мірі залежить від потужності водотривких порід, що перекривають горизонт. Розрахункова величина t для умов артезіанських басейнів України, де розвинуті водотривкі горизонти, що характеризуються коефіцієнтами фільтрації від 10^{-4} до 10^{-6} м/добу, ефективною пористістю порядку $n \cdot 10^{-2}$ і потужностями від перших метрів до декількох сотень метрів, з різницею рівнів експлуатаційного горизонту і горизонту, що живить – порядку декількох десятків метрів, і при реальних співвідношеннях цих параметрів, складає від десятків років до десяти-

тків тисяч років. Розрахунки терміну проникнення фронту забруднених вод з верхніх водоносних горизонтів виконані для району м.Харкова [4] дають граничні значення часу досягнення перших порцій забруднення - від 440 років до 5,5 тис. років. Це не протирічить оцінкам часу повного водообміну у альб-сеноманському водоносному комплексі Дніпровсько-Донецького артезіанського басейна, для якого за результатами гідрогеологічного моделювання і за прямими визначеннями вік повного водообміну складає від 1000 років до 15000 років [5]. Тобто, вказані резервуари щодо захищеності води у більшості випадків мають великий запас міцності і дійсно є резервуарами реліктової прісної води. Це підтверджується моніторингом якісного стану цих вод на великій кількості водозаборів у м.Харків, Суми, Полтава, Чернігів, районних центрів і селищ міського типу, згідно з якими якісні характеристики підземних вод цього водоносного горизонту залишаються незмінними на протязі багатьох десятиліть. Наприклад, у роботі [4] наведено дані про гідрохімічний склад підземних вод альб-сеноманського водоносного комплексу у свердловинних комунальних водозаборах м.Харкова, де впевнено простежується стабільність показників відкачуваної води за період інтенсивної експлуатації з середини 40-х років до кінця минулого століття.

Ті ж орієнтовні оцінки часу проникнення в основні горизонти прісних вод для області розвитку тріщинних вод у межах Українського кристалічного щита, де водотривкі товщі характеризуються суттєво меншою потужністю, дають значення на два порядки менші – від декількох місяців до сотень років. Моделювання складових балансу підземних вод на Стебновському водозаборі Звенигородського родовища (яке є типовим для умов області тріщинуватих вод Українського кристалічного щита) [6] показало, що уже за перші десять років роботи водозабору залучені природні ресурси кількісно переважають у структурі балансу. Це означає, що при роботі водозаборів у межах Українського кристалічного щита ресурси накопичених у підземній гідросфері прісних вод дуже швидко будуть забрані та у значній мірі будуть заміщені водами індустріальної епохи.

Винятком є артезіанський басейн другого порядку в Консько-Ялинській западині Запорізької області, де нижньокрейдові і сеноманські піщані колектори залягають під потужною мергельно-крейдяною товщею на глибині до 300-335 м. Загальна потужність цих колекторів коливається від 9 до 50 м і у середньому становить 30 м. Вони вміщують РПВ з сухим залишком від 0,3 до 1,1 г/дм³ [7]. Приналежність цих вод до реліктових визначається за наступними ознаками: відносно велика глибина залягання прісних вод, наявність перекриваючого шару мергельно-крейдяних порід, метаморфізований склад води з великим вмістом на-

трію (що свідчить про їх відносно великий вік) і стабільність якісних показників цих вод.

Для гідрогеологічних провінцій гірських районів України, а також Донецького кряжу, в силу систематичної відсутності в межах цих структур витриманих шарів пластичних порід (водотривів), а також при порівнянні більш високих значеннях гідравлічних нахилів, посилених масштабним відкачуванням підземних вод при видобуванні вугілля, розрахунковий час проникнення техногенних речовин у підземні води вкрай невеликий і як правило не перевищує декількох десятків років [8].

Розгляд гідрогеологічних умов Волино-Подільського та Причорноморського артезіанських басейнів показав, що у цих басейнах відсутні умови формування прісних підземних вод захищених з поверхні достатньо потужними водотривами пластичних порід і тому має місце високий темп водообміну [5]. Чітко кажучи, техногенні речовини гарантовано відсутні тут тільки з глибин, де залягають солонуваті води.

Вищенаведені орієнтовні оцінки часу проникнення знаходять своє підтвердження в результатах математичного моделювання процесів геофільтрації, виконаних в останні 30 років для конкретних регіонів України. Однак в представлених результатах фігурує поняття терміну (темпу) повного водообміну в горизонтах підземних вод, що, взагалі, може бути використано для оцінки часу досягнення фронтом забрудненої води конкретних водоносних горизонтів, але на сучасний момент це не зроблено, і, таким чином, спроб відділити просторово РПВ доіндустріальної епохи в регіональному плані не було.

Виконаємо експертну оцінку потужності верхнього водотриву (мергельно-крейдянні породи) в умовах Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну, що забезпечує зберігання реліктових прісних вод у підстеляючому альб-сеноманському водоносному комплексі. Запишемо залежність (1) відносно потужності водотривких порід m :

$$m = [(t \cdot K \cdot \Delta H) / n]^{0.5}, \quad (2)$$

де t – час фільтрації води індустріальної епохи з урахуванням ретроспективи з 50-х років минулого століття може бути з запасом прийнятий рівним 65 років, або $65 \times 365 = 23725$ діб; K – коефіцієнт фільтрації водотривких мергельно-крейдяних відкладів приймається за даними регіональних оцінок по максимальним значенням що зустрічається на території ДДАБ – 1×10^{-4} м/добу [6]; ΔH – різниця рівнів альб-сеноманського і суміжного верхнього водоносного комплексу, яка в умовах найбільшого водовідбору з артезіанських свердловин (у 70-80-х роках минулого століття) досягала 125 м [6], а для розрахунків може бути прийняте середнє значення за час експлуатації величина різниці рівнів – максимально 100 м; n – ефективна пористість водотривких мергельно-крейдяних порід,

яка згідно з оцінками при розвідці підземних вод на Харківському, Роганському (м.Харків), Малинівському, Зміївському (Харківська область), Фрунзенському (м.Суми) і Гоголевському (м.Полтава), родовищах підземних вод за несприятливим варіантом може бути прийнята рівною 0,01.

Підставляючи значення в залежність (2), отримуємо мінімальну потужність мергельно-крейдяного водотриву, що забезпечує захищеність реліктових вод від потрапляння в них техногенних речовин:

$$m = [(23725 \cdot 0,0001 \cdot 100) / 0,01]^{0,5} = 155 \text{ (м)}.$$

Оскільки повсюдно у середній частині ДДАБ мергельно-крейдяні відклади залягають з під шаром осадових палеоген-четвертинних порід потужністю 20-200 м, а відкрита тріщинуватість у крейдяних породах розповсюджується до глибини 70 м, то можна вважати, що максимальна потужність тріщинуватих крейдяних порід становитиме $70 - 20 = 50$ м і тому розрахункову граничну потужність мергельно-крейдяної товщі можна прийняти рівною:

$$155 + 50 = 205 \approx 200 \text{ м}.$$

Таке значення потужності перекриваючої товщі мергельно-крейдяних порід насправді має інженерний запас, оскільки над ним практично на всій території залягають плейстоцен-еоценові осадові утворення, які також мають певну ємність і забезпечують затримку низхідного руху фронту забруднених вод.

Розрахунок запасів реліктових вод зручно робити окремо по водоносних комплексах і артезіанських басейнах.

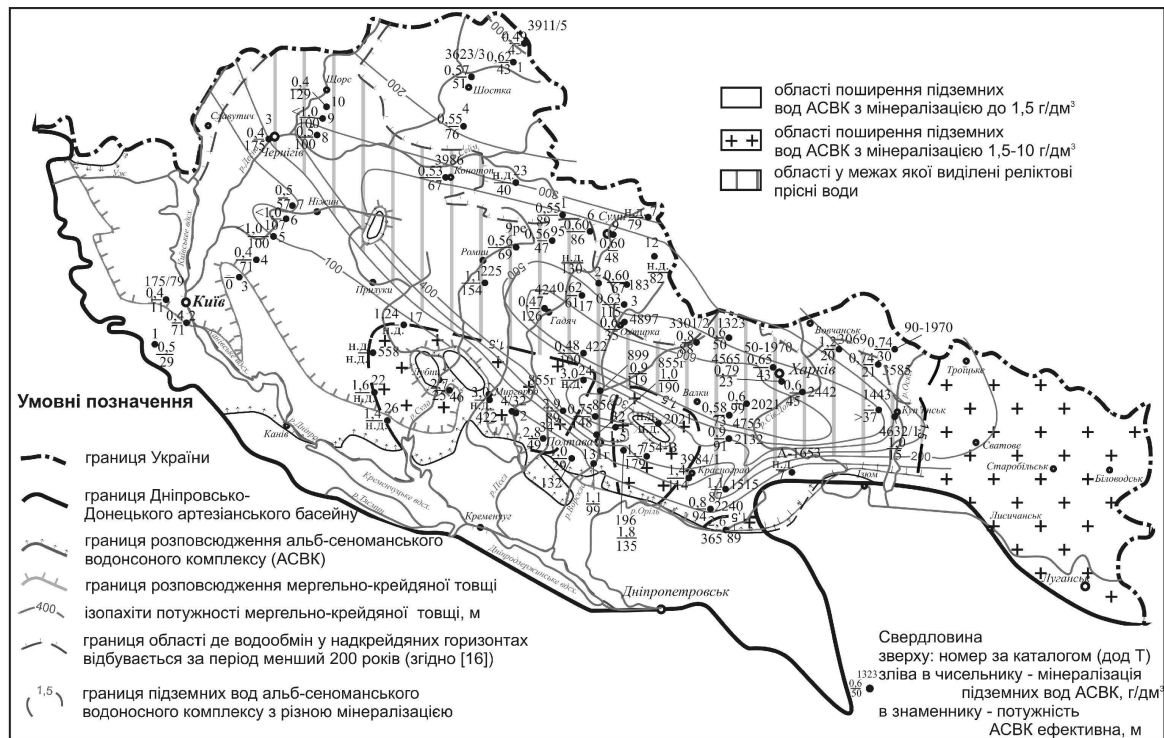
Альб-сеноманський водоносний комплекс (K_1a-K_2s) на більшій площі свого розповсюдження у ДДАБ вміщує прісні реліктові води, але є райони, де мінералізація цих вод досягає 3-5 г/дм³. З огляду на практичне використання води різної якості, для питних вод зручно приймати граничне значення мінералізації – 1,5 г/дм³.

Загальний об'єм водоносних порід, що вміщують реліктові води V можна розрахувати за залежністю

$$W = V \times n = m \times s \times n, \quad (3)$$

де W – ємнісні запаси реліктових вод, км³; V – загальний об'єм водоносних горизонтів, що вміщують реліктові води з мінералізацією до 1,5 г/дм³, км³; n – динамічна пористість, тобто та пористість водонасиченої породи, в якій вода вільно рухається, долі одиниці; m – товщина, км; s – площа розповсюдження водоносних комплексів, км².

Площу розповсюдження прісних і слабосолонуватих вод з мінералізацією до 1,5 г/дм³ і середню потужність водоносних комплексів визначимо за допомогою спеціально побудованої схематичної карти, наведеної на рисунку. Карта побудована з використанням даних буріння гід-



Схематична карта поширення мергельно-крейдяної товщі і реліктових прісних вод у альб-сеноманському водоносному комплексі Дніпровсько-Донецького артезіанського басейну (за даними В.М. Шестопалова, Н.І. Дробнохода, В.І. Лялько та ін.

рогеологічних свердловин у Київській, Чернігівській, Сумській, Полтавській і Харківській областях [6]. Згідно зі схемою, у приосьовій частині ДДАБ під крейдяним водотривом потужністю більше 200 м розраховується площа розвитку артезіанських вод з мінералізацією до $1,5 \text{ г/дм}^3$ у альб-сеноманському водоносному комплексі становить 39497 км^2 .

Потужність альб-сеноманського колектору m коливається від 15 до 190 м і для 31% площі її середнє значення становить 126 м, для 37% площі – 108м, для 32% площі – 57м.

Мінімальна динамічна пористість n згідно з досвідом розвідки запасів підземних вод для родовищ “Фрунзенське» (машинобудівний завод ім. Фрунзе у м. Суми), «Роганське» (пивоварений завод Сан Інбев Україна у м.Харкові), «Біолік» (підприємство по випуску біологічних препаратів у м. Харків), заводу «Коксохім» (м.Харків), «Гоголівське» (м.Полтава) може бути прийнятою рівною 0,08. Це значення динамічної пористості не суперечить даним інших авторів [9] і довідниковим даним для піщаних колекторів [5].

Таким чином, мінімальні ємнісні запаси реліктових прісних вод у альб-сеноманському колекторі орієнтовно становлять:

$$W = s \cdot m \cdot n = 39497 \text{ км}^2 \cdot (0,31 \cdot 0,126 \text{ км} + 0,37 \cdot 0,108 \text{ км} + 0,32 \cdot 0,0576 \text{ км}) \cdot 0,08 = 307,9 \text{ км}^3.$$

Запаси прісних підземних вод у верхньоярському водоносному комплексу розраховані аналогічно. Площа розповсюдження юрських водоносних горизонтів, що вміщують води з мінералізацією до $1,5 \text{ г/дм}^3$ і які надійно захищені від техногенного забруднення у продовж індустріальної епохи у межах ДДЗ становить $22\,358 \text{ км}^2$. Середня потужність водоносного комплексу за літературними даними [7] становить більше 44,7 м, мінімальна величина ефективної пористості може бути прийнята рівною 0,07.

Виходячи з вищенаведених цифр мінімальні ємнісні запаси реліктових прісних вод (з мінералізацією до $1,5 \text{ г/дм}^3$) у верхньоярських колекторах становлять:

$$W = s \cdot m \cdot n = 22358 \text{ км}^2 \cdot 0,0447 \text{ км} \cdot 0,07 = 70,0 \text{ км}^3.$$

Триасовий водоносний горизонт на півдні Харківської області (Лозівський, Барвенківський і Близнюківський адміністративні райони) також містить прісні артезіанські води на глибинах до 400 м [7], але у покрівлі залягають глинисті водотриви потужністю менше за 150 м з невідомою проникненістю. До того ж, порівняно з вище оціненими запасами у альб-сеноманських і верхньоярських комплексах запаси у триасових горизонтах незначні за об’ємом.

Таким чином, загальна величина ємнісних запасів реліктових прісних вод (з мінералізацією до $1,5 \text{ г/дм}^3$) у колекторах ДДАБ (і можна

прийняти на Україні в цілому) мінімально становлять:

$$W = 307,7 + 70,0 = 377,7 \text{ км}^3.$$

Висновки

1. Найважливішим значенням поняття РПВ є усвідомлення широким загалом науковців і практиків необхідності практичного виділення у просторі підземної гідросфери осередків (конкретних природних резервуарів), що вміщують ці води з метою більш раціонального їх використання насамперед для питних цілей, резервування їх як національного багатства для майбутніх поколінь.

2. На території України початок епохи тотального забруднення підземних вод пов'язаний з початком систематичного внесення отрутохімікатів, мінеральних добрив, розвитком автотранспорту, широким використанням вугілля і вуглеводнів як джерела енергії у 50-х роках ХХ ст

3. На Україні завдяки особливостям геологічної будови реліктові прісні води доіндустріальної епохи виходячи з існуючих гідрогеологічних умов збереглися під водотривкою крейдовою товщею потужністю більше 200 м у Дніпровсько-Донецькому артезіанському басейні у об'ємі не менше 377 км³.

1. Шестопапов В.М., Богуславський В.С., Бублясь В.Н. Оценка защищенности и уязвимости подземных вод с учетом зон быстрой миграции / Ин-т геологических наук НАН Украины. – К., 2007. – 120 с.

2. Яковлев Е.А., Юркова Н.А., Сляднев В.А. Методология оценки экологического состояния подземных вод // Экология и ресурсосбережение. – К., 2001. – №3. – С.56-59.

3. Шестопапов В.М., Яковлев Е.А. О состоянии изучения ресурсов подземных вод и перспективах их использования // Геологический журнал. – 1987. – Т.47, №1. – С.20-26.

4. Яковлев В.В. Питьевое водоснабжение городов на основе отдельного использования подземных вод (на примере г.Харькова): Дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.04 – водоснабжение, канализация. – Харьков, 1999. – 195 с.

5. Валяшко М.Г. Закономерности формирования месторождения солей. – М., 1962. – 214 с.

6. Водообмен в гидрогеологических структурах Украины. Водообмен в нарушенных условиях / Под ред. В.М. Шестопапова. – К.: Наук. думка, 1991. – 528 с.

7. Гідрогеологія України / Ж.С. Камзіст, О.Л. Шевченко. – К.: Фірма «ІНКІОС», 2009. – 614 с.

8. Яковлев В.В. О реликтовых пресных водах // Вестник Харьков. нац. ун-та им. В.Н. Каразина. Сер. Геология, география, экология. – Харьков: ХНУ, 2003. – №610. – С.12-15.

9. Всевожский В.А. К теории вертикальной гидродинамической зональности артезианских бассейнов платформенного типа // Водные ресурсы. – 1974. – №1. – С.160-169.

Отримано 11.04.2012